Pêches et Océans Canada | Fisheries and Oceans Canada
Sciences des écosystèmes et des océans | Ecosystems and Oceans Science

Secrétariat canadien de consultation scientifique
Région du Pacifique | Avis scientifique 2017/013

APPLICATION D'UN CADRE D'ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ DES COMPOSANTES BIOLOGIQUES DU MILIEU MARIN DE LA RÉGION DU PACIFIQUE AUX DÉVERSEMENTS D'HYDROCARBURES PROVENANT DE NAVIRES

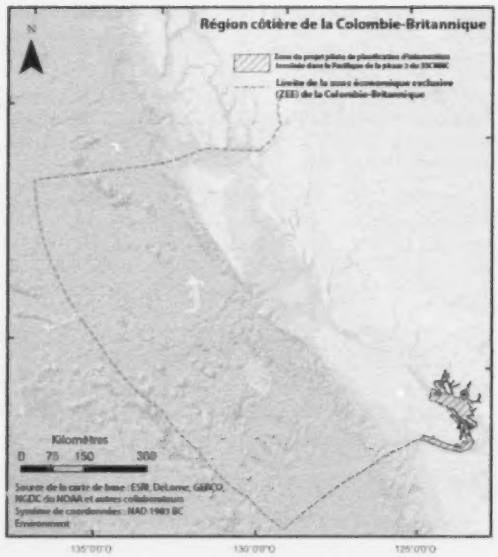

Figure 1. Région de la côte du Pacifique de la Colombie-Britannique : la zone délimitée par la ligne pointillée est celle du projet pilote du plan d'intervention localisée du système de sécurité de classe mondiale pour les navires-citernes (SSCMNC) pour l'ouest du Canada.

Contexte :

« Pêches et Océans Canada (MPO) a élaboré un cadre national d'évaluation de la vulnérabilité des composantes biologiques du milieu marin aux déversements d'hydrocarbures provenant de navires » (le Cadre) qui a fait l'objet en mars 2016 d'un examen par les pairs du Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS) (Thornborough et al. 2017). Le cadre contribue à la mise au point d'une intervention rapide et avisée en cas de déversements d'hydrocarbures provenant de navires en identifiant les sous-groupes biologiques les plus vulnérables aux hydrocarbures déversés et en mettant l'accent sur la collecte de données pour la planification des interventions en cas de déversement. L'utilisation du cadre a été jugée appropriée dans toutes les régions du Canada, avec une certaine flexibilité régionale – on s'attendait à devoir adapter les sous-groupes biologiques en fonction du biote régional.

La Direction des océans du MPO a demandé à la Direction des sciences de fournir une adaptation et une application du cadre pour la région du Pacifique. L'évaluation et l'avis découlant de cet examen régional du SCCS par les pairs et l'application du cadre adapté orienteront la planification des interventions lors de déversements d'hydrocarbures dans les zones d'intérêt de la Région du Pacifique (telles que les zones pilotes pour l'initiative du SSCMNC) (figure 1) et aideront à déterminer les données prioritaires pertinentes pour les sous-groupes jugés les plus vulnérables au pétrole.

Le présent avis scientifique découle de la réunion des 14-15 septembre 2016 sur l'Évaluation de la demande de la Région du Pacifique pour un Cadre national d'évaluation de la vulnérabilité des composantes biologiques du milieu marin aux déversements d'hydrocarbures provenant de navires. Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, sur le calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada (MPO).

SOMMAIRE

- À l'appui de l'élaboration d'une intervention rapide et avisée en cas de déversements d'hydrocarbures provenant de navires dans la région du Pacifique, le Secteur des sciences du MPO a élaboré le document « Cadre national d'évaluation de la vulnérabilité des composantes biologiques du milieu marin aux déversements d'hydrocarbures provenant de navires » (ci-après appelé le « Cadre ») qui a fait l'objet d'un examen par les pairs du SCCS en mars 2016 (Thornborough *et al.* 2017).
- Le Cadre utilise une méthode structurée pour définir les composantes biologiques les plus vulnérables à un déversement d'hydrocarbures provenant de navires à l'aide d'un ensemble de critères et d'un processus de sélection et de classement. La Direction des océans du MPO a demandé à la Direction des sciences de fournir une adaptation et l'application de ce cadre pour la région du Pacifique.
- La portée du Cadre se limite à la prise en considération des effets directs du pétrole seulement. Le Cadre n'a pas été conçu pour intégrer les effets indirects potentiellement importants et sur le réseau trophique, tels que la consommation de sources de nourriture contaminée (p. ex., les impacts du plancton contaminé sur les mysticètes), ou les effets cumulatifs de multiples agents de stress. De plus, cette application est limitée aux composantes biologiques du milieu marin relevant de la compétence du MPO dans la région du Pacifique. Cependant, il sert d'exemple d'une méthode qui pourrait s'appliquer aux composantes biologiques relevant d'autres administrations (p. ex., oiseaux marins).
- Toutes les composantes biologiques du milieu marin relevant du mandat du MPO dans la région du Pacifique sont représentées par des sous-groupes contenant une ou plusieurs espèces. Les sous-groupes décrits pour l'application du cadre dans la région du Pacifique ont été élaborés pendant des changements itératifs en parallèle avec la notation. Les sous-groupes proposés sont considérés comme appropriés si l'on veut représenter l'ensemble du biote du plateau de la région du Pacifique, tout en prévoyant suffisamment de discrimination pour la notation des critères de vulnérabilité.
- Il a fallu modifier considérablement la répartition dans les sous-groupes pour certains groupes biologiques du Cadre en vue de les adapter à la région du Pacifique (p. ex., poissons marins et algues ou plantes marines), mais d'autres groupes biologiques n'ont nécessité que peu ou pas de changements (p. ex., les mammifères, les reptiles marins et les invertébrés marins). Les modifications apportées aux sous-groupes décrits dans le Cadre ont été clairement énoncées et justifiées afin de faciliter des exercices comparables dans d'autres régions.
- Les principaux changements suivants ont été apportés à trois des critères de vulnérabilité dans cette application pilote du Cadre à la région du Pacifique :
    1. Deux critères de la catégorie de sensibilité (« perte d'isolation » et « réduction de l'alimentation ou de la photosynthèse ») ont été fusionnés en un seul nommé « sensibilité mécanique (réduction de l'alimentation, de la photosynthèse ou de l'isolation) », parce que les deux critères saisissent les impacts sur l'énergétique.
    2. Dans la catégorie d'exposition des critères, la fidélité au site a été transférée du critère d'agrégation/de concentration au critère de mobilité, afin d'inclure des espèces mobiles ayant un domaine vital très limité.
    3. Le nom d'un critère dans la catégorie d'exposition a été élargi d'« interaction avec les sédiments » à « interaction avec le fond marin ou la végétation » pour refléter le fait que

le pétrole peut également persister dans les sédiments consolidés et entraîner une exposition.

- La notation du critère de sensibilité aux produits chimiques (dégradation attribuable à la toxicité) a été difficile en raison de l'ampleur et de la nature contradictoire de la documentation à ce sujet. Par conséquent, tous les sous-groupes ont obtenu une note de précaution de 1*, en fonction d'une évaluation générale de la toxicité du pétrole dans son ensemble, plutôt qu'en fonction des constituants du pétrole.
- L'utilisation des critères de notation modifiés et des méthodes de classement et de présélection énoncés a été jugée valide dans la région du Pacifique afin de définir une liste appropriée des sous-groupes les plus vulnérables à un déversement d'hydrocarbures provenant de navires. Ces critères peuvent également être appliqués pour adapter le Cadre à d'autres régions.
- Dans la méthode de présélection et de classement choisie pour cette application, les sous-groupes doivent satisfaire à au moins un critère d'exposition et un critère de sensibilité et sont ensuite classés en fonction de la note de vulnérabilité (note totale pour tous les critères). Cette méthode a été retenue parce que le classement du complément de sous-groupes correspondait davantage à la documentation scientifique. Elle diffère de la méthode du Cadre où les notes sont classées en fonction de la note de rétablissement.
- Les classements de la vulnérabilité relative des sous-groupes sont fondés sur les notes additives totales dans les trois catégories de critères de vulnérabilité (exposition, sensibilité et rétablissement). Il est important de mentionner que le nombre inégal de critères dans chacune des catégories de vulnérabilité peut entraîner une pondération inégale de ces catégories dans la note totale (note de vulnérabilité). Il est recommandé que d'autres versions de cette approche examinent attentivement la façon dont les classements relatifs sont estimés pour éviter les biais involontaires dans certaines catégories.
- D'importantes lacunes dans les connaissances ont été relevées tout au long de l'application du Cadre et sont résumées dans une analyse des lacunes.
- La représentation géospatiale des résultats de ce Cadre formera une base et constituera un bon outil de collaboration pour étayer la planification spatiale marine et les efforts d'intervention dans la région du Pacifique.

RENSEIGNEMENTS DE BASE

Le document, ci-après appelé le « Cadre », « Un cadre national d'évaluation de la vulnérabilité des composantes biologiques du milieu marin aux déversements d'hydrocarbures provenant de navires » a été examiné en 2016 (MPO 2017). Le Cadre décrit une méthode structurée pour déterminer les sous-groupes biologiques les plus vulnérables à un déversement d'hydrocarbures provenant de navires en utilisant un ensemble de critères et un processus d'examen préalable et de classement. Il constitue une contribution importante au respect de l'engagement du MPO visant des écosystèmes aquatiques durables (Environnement Canada 2013). Le présent document décrit une application pilote de ce cadre de vulnérabilité dans la région du Pacifique.

Il est important de mentionner que le résultat de l'application de ce Cadre (une liste classée des sous-groupes vulnérables) ne se veut qu'une des composantes de la préparation à l'intervention. Dans le modèle global canadien de planification des interventions en cas de déversement d'hydrocarbures (figure 2), les résultats du cadre de vulnérabilité peuvent être

utilisés pour orienter le processus de collecte des données et de priorisation nécessaire pour assurer la contribution du Secteur des sciences du MPO à la composante écologique des « ressources à risque » pour la planification en cas de déversement d'hydrocarbures.

Ce Cadre est non pas une approche exhaustive d'intervention en cas de déversement d'hydrocarbures, mais plutôt un modèle qui peut être adapté à différents besoins, par région et par groupe pour déterminer les éléments nécessaires aux efforts de planification et d'intervention en cas de déversement d'hydrocarbures de plus grande envergure. Ce n'est pas non plus une évaluation du risque, mais ce pourrait être un cadre pour la détermination des groupes biologiques à prendre en considération dans une future évaluation des risques.

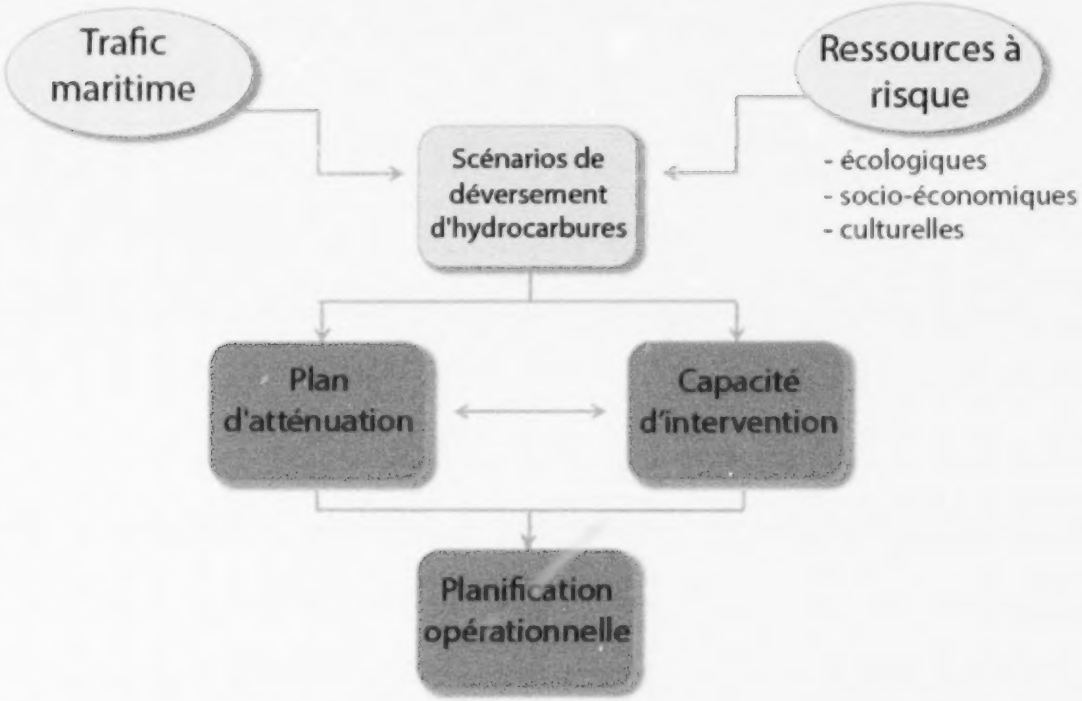

Figure 2. Modèle global pour la planification des interventions en cas de déversement d'hydrocarbures. Ce Cadre définit les sous-groupes biologiques vulnérables pour aborder la composante écologique des « ressources à risque » (illustrée ci-dessus).

La vulnérabilité est considérée comme étant le degré dans lequel un système est sensible aux blessures, aux dommages ou aux préjudices – ou incapable d'y faire face – (De Lange *et al.* 2010); toutefois, le terme « vulnérabilité » a été utilisé de façon interchangeable avec le terme « sensibilité ». Dans ce Cadre, la sensibilité est considérée comme un facteur de vulnérabilité – et la vulnérabilité est fonction de l'exposition à un agent de stress, de la sensibilité (aussi appelés effet ou impact potentiel) et du potentiel de rétablissement (aussi appelé capacité d'adaptation ou résilience) [De Lange *et al.* 2010]. Selon cette approche, le Cadre répartit les critères en trois catégories : exposition, sensibilité et rétablissement, chacune regroupant un certain nombre de critères utilisés pour évaluer les aspects de la vulnérabilité dans les sous-groupes. Les composantes biologiques les plus vulnérables sont déterminées au moyen d'un processus de notation, de présélection et de classement décrit ci-après (figure 3).

Le Cadre (Thornborough *et al.* 2017) se compose de trois phases principales :

1. regroupement des composantes biologiques en sous-groupes en fonction de caractéristiques semblables liées à la vulnérabilité aux hydrocarbures;
2. notation binaire des sous-groupes par rapport aux critères de vulnérabilité (dans les catégories de l'exposition, de la sensibilité et du rétablissement);
3. application d'une méthode de classement et de présélection pour déterminer les sous-groupes les plus vulnérables.

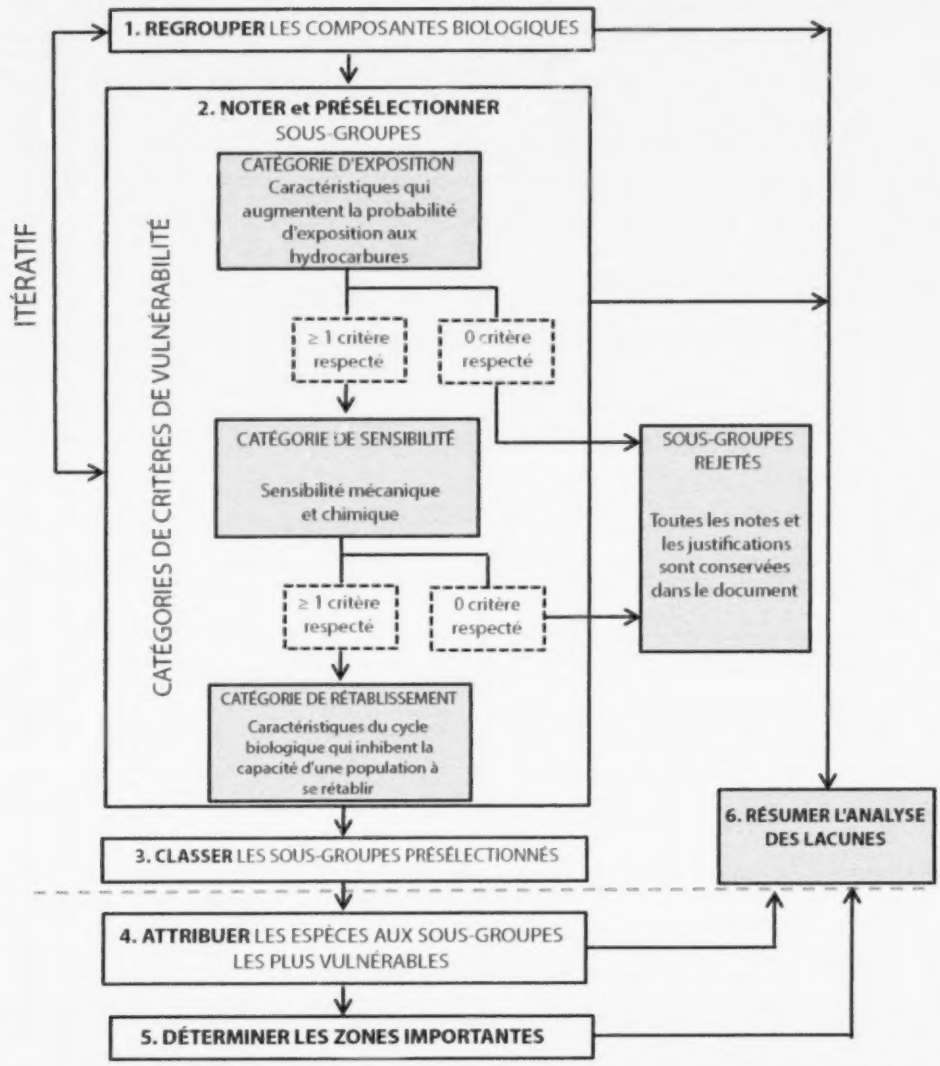

Figure 3. Aperçu du Cadre pour déterminer les composantes biologiques vulnérables (adapté de la figure 2.1 de Thornborough et al. 2017).

Le Cadre utilise une approche descendante; au début du processus, tous les sous-groupes présents dans une zone sont inclus, quelle que soit la disponibilité des données. Cette

approche permet de relever les lacunes dans les connaissances pour étayer le développement futur du Cadre. Ces lacunes dans les connaissances sont déterminées à chaque phase du Cadre pour orienter l'analyse des lacunes. L'organigramme élaboré pour le Cadre (Thornborough *et al.* 2017) a été adapté pour refléter plus clairement la façon dont le Cadre a été appliqué dans la région du Pacifique (figure 3). Une boucle itérative a été ajoutée afin de tenir compte du fait que, même si l'évaluation et la modification du sous-groupe est la première étape dans l'application du Cadre, en pratique, elle se déroule de façon itérative en parallèle avec le processus de notation. Dans de nombreux cas, il n'était pas évident que les sous-groupes nécessitaient des modifications supplémentaires avant qu'on essaie de les noter pour le critère de vulnérabilité. L'application du Cadre au projet pilote de la région du Pacifique supposait des essais aux étapes 1, 2 et 3, comme il est indiqué à la figure 3.

Le Cadre a été conçu pour être : uniforme à l'échelle nationale, mais flexible à l'échelle régionale; fondé sur des données scientifiques; rapide et simple à mettre en œuvre. Pour permettre d'évaluer la vulnérabilité de façon simple et rapide, le Cadre utilise :

1. les sous-groupes biologiques plutôt que de longues listes d'espèces;
2. un système de notation binaire simple;
3. un processus de présélection et de classement pour évaluer les notes de vulnérabilité, de façon à ce que seuls les sous-groupes les plus vulnérables contiennent des espèces.

Ces trois composantes facilitent une évaluation rapide et simple pour se concentrer sur la fourniture de données sur les composantes biologiques vulnérables dans le cadre de la planification en cas de déversement d'hydrocarbures pour un secteur donné. Cette évaluation, suivie de la collecte de données et de la cartographie des composantes les plus vulnérables, devrait être réalisée avant un déversement d'hydrocarbures, plutôt qu'en réaction à tel déversement. Cette application pilote du Cadre devrait être pertinente pour tout le biote de la région du Pacifique (sur le plateau). Les étapes subséquentes de l'application dans la région du Pacifique mettront l'accent sur des zones précises de cette vaste région, notamment la zone pilote du plan d'intervention de la région du Pacifique (figure 1), et supposeront le remplissage des sous-groupes définis comme étant les plus vulnérables avec des espèces présentes à l'intérieur de cette zone et les données spatiales correspondantes afin d'orienter les efforts de planification des interventions en cas de déversement d'hydrocarbures.

Objectifs

Les objectifs précis de l'adaptation du Cadre au projet pilote de la région du Pacifique sont les suivants :

1. Évaluer les sous-groupes et les adapter au besoin au contexte de la région du Pacifique, en s'assurant qu'ils ont été divisés de façon à ce que leur vulnérabilité aux hydrocarbures puisse être définie au moyen des critères de notation en fonction de leurs caractéristiques biologiques et écologiques.
2. Évaluer et, au besoin, adapter les critères et les définitions pendant la mise à l'essai du Cadre.
3. Noter les sous-groupes adaptés en fonction de tous les critères de vulnérabilité et, au besoin, adapter les procédures de présélection et de classement afin de dresser une liste des sous-groupes les plus vulnérables aux déversements d'hydrocarbures provenant de navires dans la région du Pacifique.

Portée

La portée de cette application pilote est décrite dans le document sur le Cadre (MPO 2017). Il convient tout particulièrement de mentionner que seul le biote marin relevant de la compétence du MPO est évalué (c.-à-d. pas les valeurs socio-économiques et culturelles, étant donné que celles-ci seront prises en considération par d'autres secteurs du MPO). De plus, le Cadre tient compte seulement des effets directs des hydrocarbures; il ne prend pas en considération les effets indirects et les effets sur le réseau trophique, tels que la consommation de sources de nourriture contaminée (p. ex., les impacts du plancton contaminé sur les mysticètes), ni les effets cumulatifs de multiples agents de stress. Certaines des limitations énoncées dans la portée du Cadre sont proposées comme des possibilités de travaux futurs dans la section Prochaines étapes du présent document.

ÉVALUATION

Regroupement des composantes biologiques

Les sous-groupes décrits dans le Cadre représentent le biote dans cinq groupes biologiques de haut niveau :

1. algues et plantes marines;
2. invertébrés marins;
3. poissons marins;
4. reptiles marins;
5. mammifères marins.

Les sous-groupes des regroupements de haut niveau ci-dessus ont été créés en fonction de leurs caractéristiques biologiques et écologiques. Pour l'application dans la région du Pacifique, il a fallu adapter ces sous-groupes dans certains cas afin de veiller non seulement à ce qu'ils soient représentatifs de l'ensemble du biote du plateau de la région du Pacifique, mais aussi à ce qu'ils soient divisés de façon à ce que leur vulnérabilité aux hydrocarbures puisse être décelée par les critères. La plupart des modifications des sous-groupes corrigeaient des difficultés de discernement entre les sous-groupes au moment de noter les critères. Dans certains cas, il a fallu modifier de manière importante l'organisation du sous-groupe (algues et plantes marines et poissons marins), tandis que dans d'autres cas, très peu de changements ont été nécessaires (mammifères marins). Au total, il y avait 52 autres sous-groupes dans l'application à la région du Pacifique, pour un total de 118 sous-groupes évalués.

Les changements apportés aux sous-groupes relevaient de trois types principaux :

- Inclusion des descripteurs de l'emplacement ou de l'habitat – pour améliorer l'uniformité entre tous les sous-groupes en incluant des descripteurs pour les zones intertidales et infratidales, benthiques, non benthiques ou pélagiques. Descripteurs supplémentaires pour les algues et plantes marines;
- Ajout de sous-groupes manquants – inclusion de sous-groupes désignés comme manquants par les examinateurs, et des stades juvéniles et larves pélagiques qui ne correspondaient pas aux descriptions des sous-groupes pour les adultes (31 sous-groupes supplémentaires en tout);

- Réorganisation – dans de nombreux cas, il a fallu restructurer les sous-groupes pour permettre une différenciation plus claire des critères de notation, après le début de la notation. Il s'agissait d'un processus itératif qui s'est déroulé en parallèle avec la notation.

Critères de vulnérabilité

Dans le Cadre (MPO 2017), il a été recommandé d'utiliser les critères de vulnérabilité sans modification afin de faciliter les comparaisons (MPO 2017). Toutefois, les difficultés rencontrées pendant le projet pilote d'application du Cadre dans la région du Pacifique ont entraîné un certain nombre de modifications des critères et de leurs définitions. La plupart des modifications proposées sont recommandées à titre d'améliorations du Cadre, plutôt qu'en tant que changements particuliers requis pour la région du Pacifique exclusivement.

Critères d'exposition

Au cours d'un important déversement d'hydrocarbures provenant de navires, toutes les composantes biologiques marines sont susceptibles d'être exposées à un certain degré. Cependant, on présume que les espèces qui sont les plus susceptibles d'être confrontées à un déversement d'hydrocarbures sont plus vulnérables. Les critères de la catégorie d'exposition définissent des caractéristiques qui augmentent la probabilité d'exposition aux hydrocarbures.

Pour l'application du Cadre au projet pilote de la région du Pacifique, les modifications suivantes ont été apportées aux critères de la catégorie d'exposition :

1. la fidélité au site a été transférée du critère de concentration au critère de mobilité, de sorte qu'il est devenu « mobilité ou fidélité au site », et la définition de la fidélité au site a été améliorée;
2. la couche de la surface de la mer a été définie comme étant le premier mètre de la colonne d'eau;
3. Le critère « interaction avec les sédiments » a été élargi afin d'inclure les interactions avec tout le substrat du fond marin (« interaction avec le fond marin ou la végétation »).

Le tableau 1 fournit une comparaison des critères d'exposition proposés dans le Cadre et des critères utilisés dans l'application pilote dans la région du Pacifique.

Tableau 1. Comparaison des critères du Cadre dans la catégorie « Exposition » avec ceux utilisés dans l'application pilote de la région du Pacifique.

Critère du Cadre (MPO 2017)	Critère du projet pilote de la région du Pacifique
• Concentration (regroupement) ou fidélité au site	• Concentration (regroupement)
• Mobilité	• Mobilité ou fidélité au site
• Interaction avec la surface de la mer	• Interaction avec la surface de la mer
• Interaction avec les sédiments	• Interaction avec le fond marin ou la végétation

Critères de sensibilité

Les critères de sensibilité examinent à la fois la sensibilité mécanique et chimique en fonction des caractéristiques physiologiques qui peuvent avoir une influence sur l'ampleur de l'impact de l'exposition aux hydrocarbures.

La sensibilité mécanique désigne les caractéristiques physiologiques qui sont vulnérables à une dégradation mécanique causée par les hydrocarbures. Deux critères du Cadre portent sur la sensibilité mécanique. Pour l'application pilote dans la région du Pacifique, ils ont été combinés en un seul critère, car les deux concernent des aspects énergétiques et, combinés, assurent une couverture plus large de tous les groupes biologiques. Le seul critère a été nommé « sensibilité mécanique (réduction de l'alimentation, de la photosynthèse ou de l'isolation) ».

Le seul critère de sensibilité aux produits chimiques (dégradation attribuable à la toxicité) définit les caractéristiques physiologiques plus vulnérables à la dégradation chimique causée par les hydrocarbures. Les modifications apportées à ce critère sont liées à la façon dont il a été appliqué pendant la notation et sont décrites dans la section « Notation des sous-groupes ».

Le tableau 2 fournit une comparaison des critères du Cadre pour la sensibilité et des critères utilisés dans l'application pilote dans la région du Pacifique.

Tableau 2. Comparaison des critères du Cadre dans la catégorie « Sensibilité » avec ceux utilisés dans l'application pilote de la région du Pacifique.

Critère du Cadre (MPO 2017)	Critère du projet pilote de la région du Pacifique
• Réduction de l'alimentation ou de la photosynthèse (p. ex., structures d'alimentation par filtrage mazoutées) • Perte d'isolation (p. ex., fourrure mazoutée)	• Sensibilité mécanique (réduction de l'alimentation, de la photosynthèse ou de l'isolation)
• Dégradation attribuable à la toxicité (sensibilité aux produits chimiques)	• Sensibilité aux produits chimiques (dégradation attribuable à la toxicité)

Critères de rétablissement

Les critères de rétablissement examinent les caractéristiques du cycle biologique qui ont une incidence sur la capacité d'une population à se rétablir. Deux modifications mineures ont été apportées à ces critères par rapport aux documents d'orientation sur la notation de l'application pilote dans la région du Pacifique. Elles sont résumées dans le tableau 3. Premièrement, la définition de « faible capacité reproductrice » a été élargie afin d'inclure « ou avoir des caractéristiques du cycle biologique qui peuvent entraîner un faible potentiel de reproduction (p. ex., maturité tardive, réussite peu fréquente de la reproduction) ». Le quatrième critère a également été révisé, passant de « association étroite avec des sédiments » à « association étroite avec des substrats non consolidés » afin de mieux correspondre à son intention, qui consistait à déterminer les espèces associées à des substrats mous comme le sable et la vase, qui sont connus pour retenir les hydrocarbures.

Tableau 3. Comparaison des critères du Cadre dans la catégorie « Rétablissement » avec ceux utilisés dans l'application pilote de la région du Pacifique.

Critère du Cadre (MPO 2017)	Critère du projet pilote de la région du Pacifique
• État de la population	• État de la population
• Capacité de reproduction	• Capacité de reproduction
• Endémisme ou isolement	• Endémisme ou isolement
• Association étroite avec des sédiments	• Association étroite avec des substrats non consolidés

Notation des sous-groupes

Un système binaire est utilisé dans le Cadre pour noter les sous-groupes par rapport aux critères de vulnérabilité en tant que (1) critère respecté ou (0) critère non respecté. Les décisions concernant la notation ont été facilitées par la consultation des tableaux d'orientation générale et des tableaux d'orientation supplémentaire pour chaque groupe biologique, en plus de l'expertise en la matière et de publications. Les justifications mentionnées ont été fournies pour chaque note, le cas échéant. Toutes les notes sont fondées sur l'hypothèse d'un contact direct avec les hydrocarbures. Pour que les notes totales finales de vulnérabilité soient comparables d'un sous-groupe à l'autre et puissent être utilisées afin de produire une liste de classement des notes relatives, les sous-groupes ont été notés de façon uniforme et relative dans tous les principaux regroupements.

La notation était effectuée de manière prudente d'un certain nombre de façons. Par exemple, lors de l'attribution des notes, on a supposé le pire scénario impliquant du pétrole entier (plutôt que les constituants individuels du pétrole). De plus, si au moins une espèce d'un sous-groupe est connue pour respecter le critère, tout le sous-groupe a été noté comme respectant ce critère. Aussi, les sous-groupes ont été notés selon les stades biologiques les plus sensibles aux impacts de pétrole (p. ex., les juvéniles par rapport aux adultes). De cette façon, les sous-groupes contenant des espèces dont les adultes peuvent être relativement non touchés, tandis que les juvéniles peuvent être grandement touchés, ont été sélectionnés dans l'évaluation. Cela était particulièrement pertinent pour les groupes d'invertébrés et de poissons marins.

Le critère de sensibilité aux produits chimiques (dégradation attribuable à la toxicité) était difficile à évaluer rapidement et avec précision pour tous les sous-groupes en raison de l'ampleur de l'analyse documentaire requise pour en arriver à une note claire pour le grand nombre des sous-groupes évalués. Par conséquent, dans cette application pilote, tous les sous-groupes ont obtenu une note prudente de 1 (1*) pour ce critère en attendant qu'une analyse documentaire détaillée de tous les groupes puisse être réalisée.

Pour s'assurer que l'application pilote était scientifiquement valide et pertinente pour la région du Pacifique, la ventilation des sous-groupes et toutes les notes ont fait l'objet d'un examen par les pairs réalisé par au moins un expert en la matière pour chacun des principaux groupes biologiques évalués.

Présélection et classement des sous-groupes

La méthode de présélection et de classement décrite dans le Cadre, selon laquelle tous les sous-groupes sont d'abord notés en fonction des critères d'exposition, et seuls les sous-groupes respectant un ou plusieurs des critères d'exposition sont conservés pour être notés en fonction des critères de sensibilité, a été appliquée dans le projet pilote de la région du Pacifique. Seuls les sous-groupes qui satisfont à au moins un critère de sensibilité ont été conservés et notés pour le rétablissement. La liste définitive des sous-groupes présélectionnés a ensuite été notée pour les critères de rétablissement, et les sous-groupes ont été classés selon les notes de rétablissement cumulatives (0-4) afin de produire une liste des sous-groupes vulnérables classés selon leur potentiel de rétablissement (les sous-groupes ayant le plus faible potentiel de rétablissement étant classés au haut de la liste).

Lorsqu'elle a été appliquée à la région du Pacifique, la méthode de présélection et de classement du Cadre a été jugée inefficace, car la liste de classement qu'elle a produite divergeait des ouvrages scientifiques. De plus, elle n'a entraîné qu'une présélection minimale de sous-groupes à l'étape de l'examen préalable de l'exposition (deux des 118 sous-groupes

ont été rejetés) et aucune présélection à l'étape de l'examen préalable de la sensibilité, ce qui fait qu'il a fallu noter entièrement tous les sous-groupes sauf ces deux-là.

Afin de trouver une méthode de présélection et de classement plus efficace, huit autres méthodes de présélection et de classement ont été étudiées, chacune faisant varier le nombre de critères respectés nécessaires à chaque étape de la présélection, ainsi que dans la procédure de classement pour évaluer la liste définitive des sous-groupes présélectionnés. Pour être en mesure de comparer ces méthodes, il était nécessaire de noter tous les sous-groupes biologiques (118) pour tous les critères (10).

La méthode de présélection et de classement désignée comme la plus appropriée parmi celles mises à l'essai utilisait la même méthode de présélection que le Cadre, mais avait une procédure de classement différente. Pour le projet pilote de la région du Pacifique, sur la liste définitive, les sous-groupes étaient classés selon les notes totales pour tous les critères (notes de vulnérabilité), plutôt qu'en fonction de la note totale de rétablissement (comme dans le Cadre). Bien que cette méthode n'ait entraîné le rejet que d'un nombre limité de sous-groupes, le classement complémentaire des sous-groupes qu'elle a produit correspondait le plus aux ouvrages scientifiques.

Liste des sous-groupes les plus vulnérables désignés pour la région du Pacifique

Le tableau A-1 résume la liste de classement des sous-groupes jugés les plus vulnérables après l'application pilote du Cadre dans la région du Pacifique. Sur les 118 sous-groupes, deux ont été éliminés à l'étape de la présélection de l'exposition (surlignés en gris au bas du tableau). La plupart des principaux groupes (p. ex., les invertébrés marins) étaient représentés dans la fourchette des notes de vulnérabilité de 1 à 9, et aucun sous-groupe n'avait une note de vulnérabilité supérieure à 9 (sur un maximum de 10).

Les notes de vulnérabilité des algues et des plantes marines variaient de 4 à 9. Les notes de vulnérabilité les plus élevées pour ce groupe comprenaient trois sous-groupes avec des notes de 9, un avec une note de 8 et deux avec des notes de 7. Les notes de vulnérabilité les moins élevées pour ce groupe comprenaient quatre sous-groupes avec des notes de 4.

Les notes de vulnérabilité des invertébrés marins variaient de 3 à 8. Les notes de vulnérabilité les plus élevées pour ce groupe comprenaient trois sous-groupes avec des notes de 8, et onze sous-groupes avec des notes de 7. Les notes de vulnérabilité les moins élevées étaient, entre autres, celles de deux sous-groupes d'invertébrés marins avec des notes de 3.

Les notes de vulnérabilité des poissons marins variaient de 1 à 8. Les notes de vulnérabilité les plus élevées pour ce groupe comprenaient un sous-groupe avec une note de 8, et trois sous-groupes avec des notes de 7. Les notes de vulnérabilité les moins élevées appartenaient à dix sous-groupes de poissons ayant une note de 3, un avec une note de 2 et deux ayant reçu une note de 1, qui ont été éliminés à l'étape de présélection de l'exposition.

Le groupe des reptiles marins est composé d'un seul sous-groupe, les tortues de mer, qui a reçu une note de vulnérabilité de 6.

Les notes de vulnérabilité des mammifères marins variaient de 4 à 9. Les notes de vulnérabilité les plus élevées pour ce groupe comprenaient deux sous-groupes avec des notes de 9, et un sous-groupe avec une note de 7. Les notes de vulnérabilité les moins élevées pour ce groupe comprenaient deux sous-groupes avec des notes de 4.

Discussion

Le projet pilote d'adaptation du Cadre pour la région du Pacifique a permis d'évaluer la pertinence du Cadre, une méthode simple et rapide pour évaluer la vulnérabilité des composantes biologiques du milieu marin aux déversements d'hydrocarbures provenant de navires.

Création de sous-groupes biologiques

Deux exigences ont été prises en considération pour adapter les sous-groupes :

(i) veiller à ce que les sous-groupes soient représentatifs du biote du plateau de la région du Pacifique;

(ii) diviser les sous-groupes de façon à ce que les différences de vulnérabilité entre les sous-groupes puissent être distinguées au moment de la notation des critères de vulnérabilité.

Dans certains cas, il a fallu apporter quelques modifications aux sous-groupes pour satisfaire aux exigences énoncées ci-dessus (p. ex., les mammifères marins), mais dans d'autres cas, des changements plus importants étaient nécessaires (p. ex., les poissons marins). La consultation d'experts a permis de s'assurer que les sous-groupes avaient été créés correctement en fonction de ces deux exigences. Au bout du compte, tous les sous-groupes ont pu être efficacement notés pour chacun des critères de vulnérabilité après ce processus, ce qui montre leur pertinence (annexe, tableau A-1).

Pertinence de la liste des sous-groupes les plus vulnérables de la région du Pacifique

La liste des sous-groupes les plus vulnérables désignés pour la région du Pacifique contenait 116 sous-groupes présélectionnés en fonction de la vulnérabilité aux hydrocarbures (exposition et sensibilité), puis classés en fonction leurs notes de vulnérabilité (notes totales pour tous les critères de vulnérabilité combinés). Afin d'évaluer la validité de cette liste de classement, les résultats ont été comparés à d'autres études portant sur les impacts des déversements d'hydrocarbures sur les organismes marins.

Dans l'ensemble, les résultats de l'application pilote à la région du Pacifique cadraient bien avec les conclusions des études antérieures. Des exceptions notables ont été faites dans les groupes suivants (notes de vulnérabilité entre parenthèses) :

- Le phytoplancton (4) : le phytoplancton a reçu une note de vulnérabilité relativement faible. Toutefois, dans la documentation, les constatations pour le phytoplancton sont variables, quelques études faisant état de diminutions locales à court terme de l'abondance et de la productivité du phytoplancton, tandis que d'autres signalent des augmentations de la production primaire (Duval *et al.* 1989). L'un des principaux facteurs de la faible note de vulnérabilité dans cette analyse était le rétablissement, car le phytoplancton est censé avoir un rétablissement élevé, quelle que soit son exposition ou sa sensibilité.
- Les sous-groupes des arthropodes à mobilité élevée (5,4,3) : les sous-groupes d'invertébrés les plus mobiles (y compris les arthropodes) ont reçu des notes de vulnérabilité relativement faibles. Cela va à l'encontre des constatations établies à la suite du déversement d'hydrocarbures du *Nestucca* au large des côtes de Washington et de la Colombie-Britannique, où les crabes semblent avoir été fortement touchés (Duval *et al.* 1989). Cependant, ces résultats étaient fondés sur les observations effectuées dans les mois suivant un déversement et ne tenaient pas compte du rétablissement. Compte tenu

des caractéristiques de leur cycle biologique, les arthropodes devraient avoir un potentiel de rétablissement élevé.

- Les tortues de mer (4) : les tortues de mer ont reçu une note de vulnérabilité relativement faible. Cette note est jugée acceptable, car les observations de tortues de mer sont rares dans la région du Pacifique du Canada (Colombie-Britannique), ce qui fait qu'il est difficile de tirer des conclusions sur leur répartition et leur utilisation de l'habitat dans les eaux de la Colombie-Britannique.

Difficultés et limites

L'adaptation et l'application du Cadre à la région du Pacifique se sont heurtée à un certain nombre de difficultés et de limites. Ces difficultés et limites sont décrites en détail dans le document de recherche (Hannah *et al.* 2017 [1]) et sont également incluses dans le présent document dans la section la plus pertinente pour chacune.

Sources d'incertitude

L'un des principaux résultats de l'application pilote a été la détermination des lacunes dans les connaissances, y compris un manque d'information ou des renseignements contradictoires, pendant deux étapes principales des processus d'adaptation et d'application du Cadre :

1. le regroupement des composantes biologiques en sous-groupes;
2. la notation des sous-groupes par rapport à l'ensemble des critères de vulnérabilité. Les lacunes pourraient être utilisées pour établir l'ordre de priorité des recherches futures.

Les principales lacunes sont, entre autres, les suivantes :

- les notes ont été affectées par les connaissances limitées sur le devenir et le comportement des hydrocarbures dans l'environnement (p. ex., la persistance dans différents habitats);
- pour certains groupes biologiques (p. ex., algues et plantes marines et invertébrés marins), le manque d'information biologique précise (p. ex., cycle biologique) afin de guider la répartition et la notation des sous-groupes.
- Les renseignements manquants ou contradictoires caractérisant la toxicité des hydrocarbures pour les composantes biologiques du milieu marin ont limité la capacité à attribuer efficacement une note pour le critère de sensibilité aux produits chimiques (dégradation attribuable à la toxicité).

Prochaines étapes

Cette application du Cadre a permis de produire une liste des sous-groupes les plus vulnérables de la région du Pacifique. La prochaine étape du processus d'évaluation consistera à fournir une représentation géospatiale appropriée aux fins de planification et d'intervention. Pour ce faire, il faudra attribuer aux sous-groupes jugés les plus vulnérables les espèces vivant

[1] Hannah, L., St. Germain, C., Jeffery, S. Patton, S. et M.O. 2017. Application d'un Cadre d'évaluation de la vulnérabilité des composantes biologiques du milieu marin de la région du Pacifique aux déversements d'hydrocarbures provenant de navires. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. En préparation.

dans une zone d'intérêt et désigner les couches de données spatiales pour les espèces de chaque sous-groupe vulnérable. Pour chaque espèce, il faudra désigner les zones importantes et les ensembles de données connexes en vue de la cartographie, comme les zones de forte concentration ou les zones importantes pour les stades biologiques les plus sensibles. Les ensembles de données pour toutes les espèces faisant partie d'un sous-groupe vulnérable devraient être regroupés en une seule représentation du sous-groupe, composée de plusieurs couches d'ensembles de données. Une évaluation des lacunes dans les données sera réalisée à ce stade.

Cette application du Cadre visait à fournir les éléments de base pour évaluer la vulnérabilité aux déversements d'hydrocarbures sur lesquels on pourra s'appuyer dans l'avenir. Voici des exemples de travaux futurs qui compléteraient l'application présentée ici :

- Comparaisons avec les résultats des applications pilotes en cours dans les régions du Québec et des Maritimes;
- Adaptation des composants du Cadre pour évaluer les déversements de certains types d'hydrocarbures en particulier;
- Évaluation des effets sur les niveaux trophiques supérieurs à l'intérieur du Cadre (p. ex., une mère épaulard qui transmet des contaminants à son bébé par l'entremise du lait);
- Utilisation d'une grille de notation à plusieurs niveaux (p. ex., des notes de 1 à 4 plutôt que de 0 ou 1) et intégration de l'incertitude pour chaque note.

CONCLUSIONS ET AVIS

- Un Cadre a été appliqué à la région du Pacifique pour évaluer la vulnérabilité des composantes biologiques du milieu marin aux déversements d'hydrocarbures provenant de navires. La méthode structurée comprend les trois éléments importants suivants :
  1. le regroupement des composantes biologiques en sous-groupes;
  2. la notation des sous-groupes par rapport aux critères dans trois catégories (exposition, sensibilité et rétablissement);
  3. la présélection et le classement des sous-groupes notés pour produire une liste des composantes biologiques classées pour leur vulnérabilité.
- Les sous-groupes proposés pour l'application du Cadre dans le Pacifique représentent l'ensemble du biote du plateau de la région du Pacifique, prévoyant suffisamment de discrimination pour la notation des critères de vulnérabilité.
- Il a fallu modifier considérablement la répartition dans les sous-groupes pour certains groupes biologiques pour l'application régionale (p. ex., poissons marins et algues ou plantes marines), mais d'autres groupes biologiques n'ont nécessité que peu ou pas de changements (p. ex., mammifères, reptiles et invertébrés marins). Les modifications apportées aux sous-groupes ont été clairement énoncées et justifiées afin de faciliter des réévaluations comparables dans d'autres régions.
- La notation de tous les sous-groupes par rapport à tous les critères dans cette application pilote a permis une évaluation détaillée des résultats de différentes méthodes de présélection et de classement et a justifié la recommandation de la méthode choisie. Cependant, cette approche peut ne pas être faisable pour de futures applications si les ressources sont limitées.

- À l'heure actuelle, le critère de sensibilité aux produits chimiques (dégradation attribuable à la toxicité) n'était pas efficace pour différencier les sous-groupes en fonction de la vulnérabilité aux effets chimiques des hydrocarbures en raison des méthodes de notation utilisées. Si les prochaines versions de l'application de ce Cadre comprennent ce critère, il est recommandé d'approfondir l'analyse pour mieux caractériser la vulnérabilité des sous-groupes aux produits chimiques.
- La méthode de présélection utilisée dans le Cadre (exigeant que les sous-groupes satisfassent à un critère d'exposition et à un critère de sensibilité) a été conservée pour l'application dans la région du Pacifique, mais la méthode de classement a été modifiée de façon à classer les sous-groupes en fonction des notes de vulnérabilité (note totale pour l'ensemble des critères), plutôt que des notes pour le rétablissement. En intégrant cette modification, la méthode de présélection et de classement proposée semble fonctionner de façon efficace pour définir une liste de classement des sous-groupes vulnérables pour la région du Pacifique qui est la plus conforme à la documentation sur les impacts des hydrocarbures sur les organismes marins.
- Cette application du Cadre permettra de mieux cibler la collecte des données et les conseils d'experts sur les composantes biologiques considérées comme les plus vulnérables aux déversements d'hydrocarbures provenant de navires dans la région du Pacifique.
- Tout au long de l'application du Cadre, les lacunes dans les connaissances ont été documentées et incluses dans une analyse des lacunes qui peut être utilisée pour orienter les travaux futurs visant à combler ces lacunes.
- L'importance de la contribution d'experts tout au long des phases d'élaboration du cadre régional est soulignée, et c'est une approche appropriée pour le contrôle de la qualité. Il est recommandé de prendre en considération les commentaires d'experts sur les modifications de la notation et des sous-groupes pour les futures versions adaptées du Cadre.
- Les produits géospatiaux qui seront tirés des résultats de ce Cadre formeront la base de la coordination de la planification et des interventions entre diverses organisations.

Les recommandations générales découlant de cette application pilote sont énoncées ci-après.

- Il est recommandé que les versions futures de cette approche examinent attentivement la façon dont les classements relatifs sont calculés pour éviter des biais involontaires dans certaines catégories de critères de vulnérabilité (exposition, sensibilité et rétablissement).
- La création de bases de données géospatiales accessibles et complètes est recommandée en tant que prochaine étape, en intégrant la collaboration entre les programmes du MPO et d'autres organismes qui jouent un rôle dans la planification spatiale marine et les initiatives d'intervention, afin d'éviter le dédoublement des efforts et d'assurer des gains d'efficience.
- Les versions futures pourraient examiner d'autres méthodes de classement et de notation, comme des méthodes de notation qui ne sont pas binaires pour fournir l'inclinaison, et des méthodes qui pourraient illustrer la confiance dans la note d'après les données ou renseignements utilisés pour la notation.
- Le phytoplancton et le zooplancton non larvaire n'ont pas été évalués à une résolution suffisante pour aider à la prise de décisions. Il est recommandé d'inclure la création de ces deux groupes dans les versions futures du Cadre.

SOURCES DE RENSEIGNEMENTS

Le présent avis scientifique découle de la réunion du 14-15 septembre 2016 sur l'Évaluation de la demande de la Région du Pacifique pour un Cadre national d'évaluation de la vulnérabilité des composantes biologiques du milieu marin aux déversements d'hydrocarbures provenant de navires. Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, sur le calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada (MPO).

De Lange, H.J., Sala, S., Vighi, M., Faber, J.H. 2010. Ecological vulnerability in risk assessment – A review and perspectives. Sci. Total Environ. 408: 3871-3879.

MPO. 2017. Cadre d'évaluation de la vulnérabilité des composantes biologiques aux déversements d'hydrocarbures provenant de navires. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2017/032.

Duval, W., Hopkinson, S., Olmstead, R., Kashino, R. 1989. The Nestucca oil spill: preliminary evaluation of impacts on the west coast of Vancouver Island. Prepared by ESL Environmental Sciences Limited for Environment Canada.

Environnement Canada. 2013. Planifier un avenir durable : stratégie fédérale de développement durable pour le Canada 2013-2016. Bureau du développement durable, Environnement Canada, novembre 2013.

Thornborough, K., Hannah, L., St. Germain, C., O, M. 2017. A framework to assess vulnerability of biological components to ship-source oil spills in the marine environment. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2017/038. vi + 24 p.

ANNEXE : LISTE DÉFINITIVE DE CLASSEMENT DES SOUS-GROUPES VULNÉRABLES

Tableau A-1. Liste de classement définitif des sous-groupes présélectionnés pour l'application du Cadre de vulnérabilité dans la région du Pacifique. La séparation entre les notes de vulnérabilité (p. ex., entre les sous-groupes ayant obtenu une note de 9 et ceux ayant obtenu une note de 8) est mise en évidence à l'aide d'un ombrage gris clair. Les sous-groupes qui ont été présélectionnés sont surlignés d'un ombrage gris foncé.

Groupe biologique	Sous-groupes				Exemple d'espèces du Pacifique	Note de vulnérabilité (0-10)
	Sous-groupe de niveau 1	Sous-groupe de niveau 2	Sous-groupe de niveau 3	Sous-groupe de niveau 4		
ALGUES ET PLANTES MARINES	Zone intertidale	Plantes vasculaires	Rivages non consolidés à faible énergie	Phanérogames marines	p. ex., *Zostera marina, Z. japonica, Ruppia maritima*	9
				Herbiers des marais salés	p. ex., *Carex lyngbyei, Leymus mollis*	
				Plantes grasses des marais salés	p. ex. *Sarcocornia pacifica, S. pacifica, Glaux maritima, Plantago maritima*	
MAMMIFÈRES MARINS	Mustélidés	S.O.	S.O.	S.O.	p. ex., loutre de mer	
	Cétacés	Mysticètes	Discrets	S.O.	p. ex., rorqual à bosse, baleine grise	
ALGUES ET PLANTES MARINES	Zone intertidale	Plantes vasculaires	À énergie élevée, rivages rocheux	Phanérogames marines	*p. ex., Phyllospadix scouleri, P. torreyi, P. serrulatus*	8
INVERTÉBRÉS MARINS	Zone intertidale	Épifaune des sédiments	Faible mobilité	Mollusques	p. ex., escargots [*Cl. Gastropoda*]	8
				Cnidaires	p. ex., pennatules	
				Échinodermes	p. ex., étoiles de mer	
POISSONS MARINS	Estuariens	Migrateurs	S.O.	Saumon (salmonidés)	p. ex., saumon et truite arc-en-ciel, juvéniles et adultes	
	Zone intertidale	Benthiques	Associés à des substrats non consolidés (limon/sable/gravier, y compris les environnements de zostère)	Salmonidés (juvéniles)	p. ex., saumon rose, saumon kéta, saumon coho, saumon quinnat	

Groupe biologique	Sous-groupes				Exemple d'espèces du Pacifique	Note de vulnérabilité (0-10)
	Sous-groupe de niveau 1	Sous-groupe de niveau 2	Sous-groupe de niveau 3	Sous-groupe de niveau 4		
ALGUES ET PLANTES MARINES	Zone intertidale	Sous-étage ou gazon algal	À énergie élevée, rivages rocheux	S.O.	p. ex., *Pelvetiopsis limitata, Cymathere triplicata, Postelsia palmaeformis, Corallina vancouveriensis, Alaria fistulosa*	7
	Zone infratidale	Algues de la canopée	Habitat rocheux à énergie faible à modérée	S.O.	p. ex., *Macrocystis integrifolia*	
INVERTÉBRÉS MARINS	Zone intertidale	Organismes habitant les fonds de roches et de gravier	Sessiles (fixés à un substrat dur)	Mollusques	p. ex., huîtres [bivalves]	
			Faible mobilité	Échinodermes	p. ex., oursins [*Echinoidea*]; concombres de mer [*Holothuroidea*]; étoiles de mer [*Asteroidea*]	
INVERTÉBRÉS MARINS	Zone intertidale	Endofaune des sédiments	Faible mobilité	Mollusques	p. ex., palourdes [bivalves]; escargots [*Gastropoda*]	7
				Vers	p. ex.,organismes fouisseurs	
				Arthropodes	p. ex., crabes fouisseurs [*Emerita*]	
				Lophophorates	p. ex., ver éventail rouge [*Phoronida*]; brachiopodes [*Brachiopoda*]	
INVERTÉBRÉS MARINS	Zone benthique infratidale	Organismes habitant les fonds de roches et de gravier	Sessiles (fixés à un substrat dur)	*Porifera*	p. ex., éponges siliceuses	
			Faible mobilité	Échinodermes	p. ex., oursins, étoiles de mer	
		Endofaune des sédiments	Faible mobilité	Mollusques	p. ex., palourdes	
		Épifaune des sédiments	Faible mobilité	Cnidaires	p. ex., pennatules	
				Échinodermes	p. ex.,. étoiles de mer	

Groupe biologique	Sous-groupes				Exemple d'espèces du Pacifique	Note de vulnérabilité (0-10)
	Sous-groupe de niveau 1	Sous-groupe de niveau 2	Sous-groupe de niveau 3	Sous-groupe de niveau 4		
POISSONS MARINS	Estuariens	Migrateurs	S.O.	Esturgeon (*Acipenseridae*)	p. ex., esturgeon vert, esturgeon blanc	
	Zone intertidale	Benthiques	Associés à des substrats non consolidés (limon/sable/gravier, y compris les environnements de zostère)	Hareng (*Clupeidae*)	p. ex., hareng du Pacifique	
MAMMIFÈRES MARINS	Cétacés	Odontocètes	Discrets	S.O.	p. ex., épaulards : résidents (nord et sud) et populations hauturières; dauphin à flancs blancs du Pacifique	
ALGUES ET PLANTES MARINES	Zone intertidale	Sous-étage ou gazon algal	Rivages rocheux à énergie modérée à faible	S.O.	p. ex., *Fucus gardneri, Neorhodomela larix, Desmarestia sp., Laminaria Saccharina, Calliarthron*spp.	6
	Zone infratidale	Algues de la canopée	À énergie élevée, habitats rocheux	S.O.	p. ex., *Nereocystis leutkeana, Egregia menziesii*	
		Algues du sous-étage	Habitat rocheux	Avec de grands flotteurs ou stipes ligneux	p. ex., *Pterygophera californica, Sargassum muticum, Lessoniopsis littoralis*	
INVERTÉBRÉS MARINS	Zone intertidale	Organismes habitant les fonds de roches et de gravier	Sessiles (fixés à un substrat dur)	Arthropodes	p. ex., cirripèdes [*Cirripedia*]	
				Cnidaires	p. ex., corail	
				Porifera	p. ex., démosponges	
				Vers	p. ex., vers à tube [*Polychaeta* : *Sedentaria*]	
				Urocordés	p. ex., ascidies	

Groupe biologique	Sous-groupes				Exemple d'espèces du Pacifique	Note de vulnérabilité (0-10)
	Sous-groupe de niveau 1	Sous-groupe de niveau 2	Sous-groupe de niveau 3	Sous-groupe de niveau 4		
				Lophophorates	p. ex., bryozoaires [*Ectoprocta*]; brachiopodes [*Brachiopoda*]	
			Faible mobilité	Arthropodes	p. ex., isopodes [*Isopoda*]	
INVERTÉBRÉS MARINS	Zone intertidale	Organismes habitant les fonds de roches et de gravier	Faible mobilité	Cnidaires	p. ex., anémones de mer	6
	Zone benthique infratidale	Organismes habitant les fonds de roches et de gravier	Sessiles (fixés à un substrat dur)	Cnidaires	p. ex., corail	
		Endofaune des sédiments	Faible mobilité	Vers	p. ex., annélides	
				Lophophorates	p. ex., ver éventail rouge [*Phoronida*]; brachiopodes [*Brachiopoda*]	
		Épifaune des sédiments	Faible mobilité	Mollusques	p. ex., escargots [*Cl. Gastropoda*]	
INVERTÉBRÉS MARINS	Pélagique	Larves	S.O.	Mollusques	S.O.	
				Échinodermes	S.O.	
POISSONS MARINS	Zone infratidale	Benthiques	Associés à des substrats non consolidés (limon/sable/gravier)	Élasmobranches	p. ex., raie biocellée	
ALGUES ET PLANTES MARINES	Zone intertidale	Algues de la canopée	S.O.	S.O.	p. ex., *Egregia menziesii*	5
		Algues incrustantes	Habitat rocheux	S.O.	p. ex., algues coralliennes, *Codium setchellii*, *Hildenbrandia* sp., *Mastocarpus* (forme une couche), *Ralfsia pacifica*	
INVERTÉBRÉS MARINS	Zone intertidale	Organismes habitant les fonds de roches et de gravier	Faible mobilité	Vers	p. ex., polychètes [*Errantia*]; némertes	5
				Mollusques	p. ex., chitons [*Cl. Polyplacopora*]; escargots [*Cl. Gastropoda*]	

Groupe biologique	Sous-groupes				Exemple d'espèces du Pacifique	Note de vulnérabilité (0-10)
	Sous-groupe de niveau 1	Sous-groupe de niveau 2	Sous-groupe de niveau 3	Sous-groupe de niveau 4		
			Mobilité élevée	Arthropodes (organismes filtreurs)	p. ex., crabes porcelaine	
				Mollusques	p. ex., pieuvres	
		Épifaune des sédiments	Mobilité élevée	Arthropodes	p. ex., crabes	
INVERTÉBRÉS MARINS	Zone benthique infratidale	Organismes habitant les fonds de roches et de gravier	Sessiles (fixés à un substrat dur)	Arthropodes	p. ex., cirripèdes [*Cirripedia*]	
				Mollusques	p. ex., pétoncle des roches [bivalve]	
				Vers	p. ex., vers à tube [*Polychaeta : Sedentaria*]	
				Urocordés	p. ex., ascidies	
				Lophophorates	p. ex., bryozoaires [*Ectoprocta*]; brachiopodes [*Brachiopoda*]	
			Faible mobilité	Vers	p. ex., annélides	
				Cnidaires	p. ex., anémones de mer	
	Pélagique	S.O.	Faible mobilité	Zooplancton (autre que les larves)	S.O.	
INVERTÉBRÉS MARINS	Pélagique	S.O.	Faible mobilité	Cnidaires	p. ex., méduses	5
		Larves	S.O.	Cnidaires	S.O.	
				Vers	S.O.	
				Arthropodes	S.O.	
				Lophophorates	S.O.	
POISSONS MARINS	Estuariens	Résidents	S.O.	Ditrèmes (*Embiotocidae*)	p. ex., perche-ménè	
		Migrateurs	S.O.	*Osmeridae*	p. ex., eulakane	
	Zone intertidale	Benthiques	Associés à des substrats non consolidés (limon/sable/gravier,	*Ammodytidae* et *Osmeridae*	p. ex., lançon du Pacifique, éperlan argenté	

Groupe biologique	Sous-groupes				Exemple d'espèces du Pacifique	Note de vulnérabilité (0-10)
	Sous-groupe de niveau 1	Sous-groupe de niveau 2	Sous-groupe de niveau 3	Sous-groupe de niveau 4		
			y compris les environnements de zostère)	Autres espèces (p. ex., chabots, gobies)	p. ex., chabot armé, pilotin tacheté	
	Zone infratidale	Benthiques	Associés à des substrats consolidés (galets, roches, substrat rocheux)	Sébastes (*Scorpaenidae*)	p. ex., sébaste à dos épineux, sébaste aux yeux jaunes, sébaste-tigre et sébaste à bandes jaunes	
			Associés à des substrats non consolidés (limon/sable/gravier)	Sébastes (*Scorpaenidae*)	p. ex., sébaste tacheté, sébaste canari	
POISSONS MARINS	Zone infratidale	Non benthique (pélagiques, semi-pélagiques et démersaux)	S.O.	Sébastes (*Scorpaenidae*)	p. ex., sébaste à queue jaune, sébaste bleu, veuve, sébaste bocace	5
				Élasmobranches	p. ex., aiguillat commun, requin griset	
				Chimaeridae	p. ex., chimère d'Amérique	
				Élasmobranches, organismes filtreurs	p. ex., pèlerin	
MAMMIFÈRES MARINS	Cétacés	Mysticètes	Dispersés	S.O.	p. ex., rorqual boréal, rorqual bleu, rorqual commun, baleine noire du Pacifique Nord, petit rorqual	
	Pinnipèdes	Thermorégulation à l'aide de la fourrure	S.O.	S.O.	p. ex., otarie à fourrure du Nord	
		Autres pinnipèdes	Discrets	S.O.	p. ex., otarie de Steller, phoque commun	
ALGUES ET PLANTES MARINES	Pélagique	Phytoplancton	S.O.	S.O.	S.O.	4
	Zone infratidale	Algues du sous-étage	Habitat rocheux	Sans grands flotteurs ou stipes ligneux	p. ex., *Desmarestia* sp, *Agarum fimbriatum*, *Laminaria* sp., *Prionitis Lyallii*	

Groupe biologique	Sous-groupes				Exemple d'espèces du Pacifique	Note de vulnérabilité (0-10)
	Sous-groupe de niveau 1	Sous-groupe de niveau 2	Sous-groupe de niveau 3	Sous-groupe de niveau 4		
		Gazon algal	Habitat rocheux	S.O.	p. ex., *Callophyllis* sp.; *Dictyota binghamiae*, *Sarcodiotheca furcata*, *Rhodymenia pacifica*	
		Algues incrustantes	Habitat rocheux	S.O.	p. ex., croûtes d'algues coralliennes, *Hildenbrandia* sp.	
INVERTÉBRÉS MARINS	Zone intertidale	Organismes habitant les fonds de roches et de gravier	Mobilité élevée	Arthropodes	p. ex., crabes [décapodes]	4
	Zone benthique infratidale	Organismes habitant les fonds de roches et de gravier	Faible mobilité	Mollusques	p. ex., escargots [*Cl. Gastropoda*]	
			Mobilité élevée	Mollusques	p. ex., pieuvres	
		Épifaune des sédiments	Mobilité élevée	Arthropodes	p. ex., crabes	
	Pélagique	Larves	S.O.	*Porifera*	S.O.	
				Cordés	S.O.	
POISSONS MARINS	Estuariens	Migrateurs	S.O.	Épinoches (*Gasterosteidae*)	p. ex., épinoche à trois épines	
	Zone intertidale	Benthiques	Associés à des substrats consolidés (galets, roches, substrat rocheux)	Limaces (*Liparidae*)	p. ex., limace de bâche	
				Crampons (*Gobiesocidae*)	p. ex., crampon bariolé	
				Lompénies (*Stichaeidae* et *Pholidae*)	p. ex., sigouine jaunâtre, sigouine lunée, crête-de-coq pourpre	
			Associés à des substrats non consolidés (limon/sable/gravier, y compris les environnements de zostère)	Syngnathe (*Sygnathidae*)	p. ex., syngnathe à lignes grises	
				Sourcils (*Hexagrammidae*)	p. ex., morue-lingue – juvéniles	
		Non benthique (pélagiques et démersaux)	S.O.	Ditrèmes (*Embiotocidae*)	p. ex., perche-méné, perche rayée, perche de pilotis	

Groupe biologique	Sous-groupes				Exemple d'espèces du Pacifique	Note de vulnérabilité (0-10)
	Sous-groupe de niveau 1	Sous-groupe de niveau 2	Sous-groupe de niveau 3	Sous-groupe de niveau 4		
				Sébastes (juvéniles)	p. ex., sébaste noir, sébaste cuivré	
POISSONS MARINS	Zone infratidale	Benthiques	Associés à des substrats consolidés (galets, roches, substrat rocheux)	Poisson-loup (*Anarhichadidae*)	p. ex., loup ocellé	4
				Sourcils (*Hexagrammidae*) et chabots (*Cottidae*)	p. ex., morue-lingue (adulte), chabot marbré	
			Associés à des substrats non consolidés (limon/sable/gravier)	Poissons plats (pleuronectidés)	p. ex., carlottin anglais, flet étoilé, flétan du Pacifique	
		Non benthique (pélagiques, semi-pélagiques et démersaux)	S.O.	*Ammodytidae*	p. ex., lançon du Pacifique	
				Engraulidae	p. ex., anchois du Pacifique	
MAMMIFÈRES MARINS	Pinnipèdes	Autres pinnipèdes	Dispersés	S.O.	p. ex., éléphant de mer du nord; otarie de Californie	
	Cétacés	Odontocètes	Dispersés	S.O.	p. ex., grands cachalots, épaulards (migrateurs de la côte ouest); faux-orques; baleines à bec (de Baird, de Hubbs et de Stejneger); marsouins communs; marsouins de Dall	
REPTILES MARINS	Tortues de mer	S.O.	S.O.	S.O.	p. ex., tortue luth; tortue verte; tortue olivâtre	
INVERTÉBRÉS MARINS	Zone benthique infratidale	Organismes habitant les fonds de roches et de gravier	Mobilité élevée	Arthropodes	p. ex., crabes	3
	Pélagique	S.O.	Mobilité élevée	Mollusques	p. ex., calmar	
POISSONS MARINS	Estuariens	Migrateurs	S.O.	Lamproies	p. ex., lamproie à queue noire et lamproie du Pacifique	

Groupe biologique	Sous-groupes				Exemple d'espèces du Pacifique	Note de vulnérabilité (0-10)
	Sous-groupe de niveau 1	Sous-groupe de niveau 2	Sous-groupe de niveau 3	Sous-groupe de niveau 4		
				Chabots (*Cottidae*)	p. ex., chabot piquant	
POISSONS MARINS	Estuariens	Migrateurs	S.O.	Poissons plats (Pleuronectiformes)	p. ex., flet étoilé, carlottin anglais juvénile	3
		Résident	S.O.	Salmonidés	p. ex., truite fardée et Dolly Varden	
				Chabots (*Cottidae*)	p. ex., chabot armé	
	Zone intertidale	Benthiques	Associés à des substrats non consolidés (limon/sable/gravier, y compris les environnements de zostère)	Poissons plats – juvéniles (pleuronectidés)	p. ex., carlottin anglais, flet étoilé	
	Zone infratidale	Benthiques	Associés à des substrats non consolidés (limon/sable/gravier)	Myxines (*Myxinidae*)	p. ex., myxine brune	
		Non benthique (pélagiques, semi-pélagiques et démersaux)	S.O.	Molidés	p. ex., poisson-lune	
				Morues (*Gadidae*)	p. ex., morue du Pacifique, merlu, poulamon du Pacifique, goberge de l'Alaska	
		Non benthique (pélagiques, semi-pélagiques et démersaux)	S.O.	Diverses espèces	p. ex., morue charbonnière (*Anaplopomatidae*), saumon (*Salmonidae*), ditrème (*Embiotocidae*), hareng (*Clupeidae*)	
POISSONS MARINS	Estuariens	Migrateurs	S.O.	Morues (*Gadidae*)	p. ex., poulamon du Pacifique, goberge de l'Alaska *(juvéniles)*	1
POISSONS MARINS	Zone infratidale	Non benthique (pélagiques, semi-pélagiques et démersaux)	S.O.	Scombridés	p. ex., maquereau	1

CE RAPPORT EST DISPONIBLE AUPRÈS DU :

Centre des avis scientifiques (CAS)
Région du Pacifique
Pêches et Océans Canada
3190, chemin Hammond Bay
Nanaimo (Colombie-Britannique) V9T 6N7

Téléphone : 250-756-7208
Courriel : csap@dfo-mpo.gc.ca
Adresse Internet : www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/

ISSN 1919-5117
© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2017

La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2017. Application d'un Cadre d'évaluation de la vulnérabilité des composantes biologiques du milieu marin de la région du Pacifique aux déversements d'hydrocarbures provenant de navires. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2017/013.

Also available in English:

DFO. 2017. Application of a framework to assess vulnerability of biological components to ship-source oil spills in the marine environment in the Pacific Region. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep. 2017/013.